

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 62-043193

(43)Date of publication of application : 25.02.1987

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 60-183328

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 20.08.1985

(72)Inventor : MITO IKUO

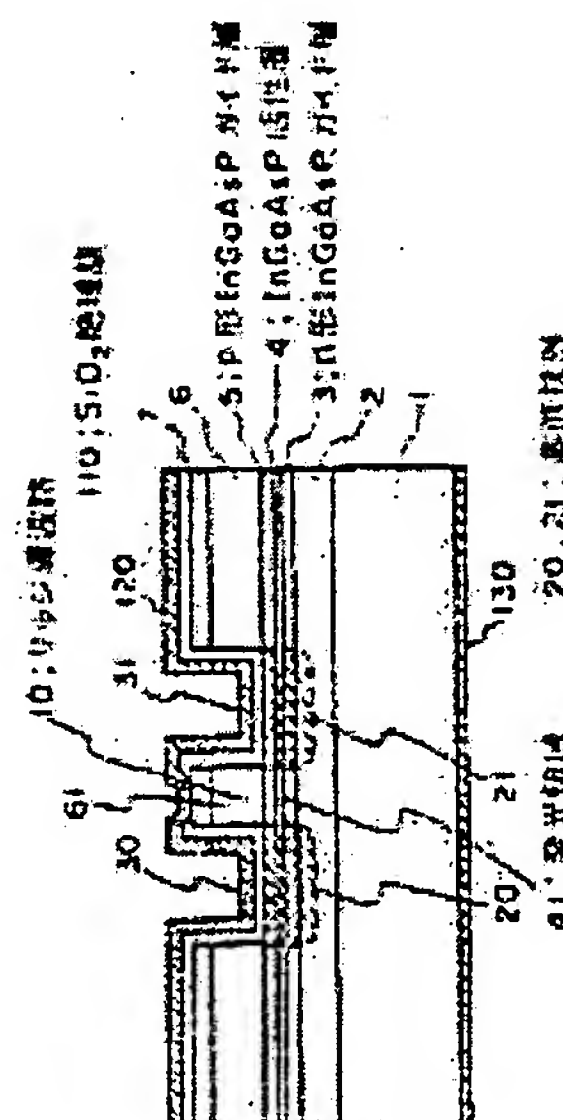
TAKANO SHINJI

## (54) SEMICONDUCTOR LASER

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To implement a low threshold value and high efficiency, by forming a high resistance layer around a light emitting region by proton implantation, thereby decreasing leakage of injected current and injected carriers in the lateral direction.

**CONSTITUTION:** In a semiconductor layer beneath groove parts 30 and 31 at the outside of a ridge waveguide 10, high resistor layers 20 and 21 are formed at the depth of about  $1\mu\text{m}$  by proton implantation. By the formation of the high resistance layers 20 and 21, currents, which flow and expand in the lateral direction in an p-type InGaAsP guide layer 5 from a p-type InP layer 61 of the ridge waveguide 10, can be reduced. Diffusion of carriers to an InGaAsP active layer 4 at the outside of the ridge waveguide 10 can be blocked.



⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-43193

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和62年(1987)2月25日

H 01 S 3/18

7377-5F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 半導体レーザ

⑯ 特 願 昭60-183328

⑰ 出 願 昭60(1985)8月20日

⑱ 発 明 者 水 戸 郁 夫 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内  
⑲ 発 明 者 高 野 信 司 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内  
⑳ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号  
㉑ 代 理 人 弁理士 内 原 晋

明 細 書

発明の名称 半導体レーザ

特許請求の範囲

活性層及び前記活性層の上方に積層された第2導電形のクラッド層を含む二重ヘテロ接合が形成された多層膜構造を第1導電形の半導体基板上に備え、前記活性層の中の発光領域部上方の前記第2導電形のクラッド層領域の両側に前記第2導電形のクラッド層を除去した領域を備え、前記除去した領域下部に、少なくとも前記活性層を貫く深さの高抵抗層を備えていることを特徴とする半導体レーザ。

発明の詳細な説明

(発明の分野)

本発明は光通信用、光情報処理用光源等として使用される半導体レーザに関する。

(従来例)

光ファイバ通信システムは実用化が急速に進み、基幹回線のみならず、加入者回線などへも普及し始めている。このような状況において、光源として用いられる半導体レーザには、高性能な特性のみならず、その価格が安いことが要求される。

従来半導体レーザ構造として、複数回の結晶成長工程で作製する高性能の埋め込み半導体レーザ(例えば水戸等が、昭和57年度電子通信学会総合全国大会の予稿集857で報告している二重チャンネル形プレーナ埋め込みヘテロ構造半導体レーザ(DC-PBH))等が作製されて来たが、今後結晶成長工程および電極形成工程プロセスの短縮化などにより、生産のコストを下げる必要がある。また半導体レーザ構造についても、高性能を維持しつつ、作製が容易な形状へと見直しをはかる必要がある。その様な構造として、タッカー(R.S.Tucker)等により、ジャーナル・オブ・ライトウェーブ・テクノロジー(Journal of Lightwave Technology)誌の1984年発行のLT-2巻第4号の385頁から393頁の論文に記載された、第5図に示すリッジ・ウェーブガイド

(RWと略)型半導体レーザは、結晶成長工程が1回で済むこと、発振モードの制御には発光領域の両側上部のInP層をエッチングするだけで良いことなど製造プロセスは単純である。また発光領域は平坦なInGaAsP活性層4であるため、作製の上でも再現性も良好であり高い生産歩留りが期待できる。しかしながら、活性層4が連続していることによりレーザ発振光が伝搬するリッジ導波路10の外側へも注入キャリアが拡散してしまうこと、また、p形InGaAsPガイド層5内を横方向に流れる電流成分があること等により、発振閾値が50mAから70mA程度と大きな値になってしまっていた。第5図に示す多層構造のウェハは、RW型等に加工しないで全面電極で発振閾値密度を評価すると $1\text{kA}/\text{cm}^2$ から $2\text{kA}/\text{cm}^2$ が得られることから、リッジ導波路10の幅を $5\mu\text{m}$ 、共振器長を $300\mu\text{m}$ として、発振閾値電流として15mAから30mA程度の値が得られる筈である。実際の素子の閾値との差は、前述した原因に依るものであり、この問題を解決すれば低閾値等の高性能化が期待できる。

層20, 21が形成されていることである。この高低抗層20, 21を形成することで、リッジ導波路部10のp形InP層61からp形InGaAsPガイド層5を横方向に流れて流れる電流が減少することができ、またリッジ導波路10の外側の活性層4へのキャリアの拡散を防止することができる。以下に第2図を用いてその作製法を説明する。

まずカーボンスライドボードを用いた液相成長により、第2図(a)の断面図に示す様に、(001)面方位のn形InP基板1にn形InPバッファ層2(Snドープ、キャリア濃度 $5 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 、厚さ $1.5\mu\text{m}$ )、n形InGaAsPガイド層3(発光波長にして $1.3\mu\text{m}$ の組成、厚さ $0.2\mu\text{m}$ 、Snドープ、キャリア濃度 $5 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ )、ノンドープInGaAsP活性層4(発光波長にして $1.55\mu\text{m}$ の組成、厚さ $0.08\mu\text{m}$ )、p形InGaAsPガイド層5(発光波長にして $1.3\mu\text{m}$ の組成、Znドープ、キャリア濃度 $7 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 、厚さ $0.2\mu\text{m}$ )、p形InPクラッド層6(Znドープ、キャリア濃度 $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 、厚さ $1.5\mu\text{m}$ )、p形InGaAsPコンタクト層7(発光波長にして $1.3\mu\text{m}$ の組成、Znドープ、キャリア濃度

#### (本発明の目的)

本発明の目的は、従来のリッジ・ウェーブガイド(RW)型構造半導体レーザの欠点を改善した高性能の半導体レーザを提供するものである。

#### (本発明の構成)

本発明によれば、第1導電形の半導体基板上に、活性層、及び前記活性層の上方に積層された第2導電形のクラッド層を含む三重ヘテロ接合が形成された多層膜構造の表面側から、前記活性層の中の発光領域部上方の前記第2導電形のクラッド層領域を少なくとも除いて、前記第2導電形のクラッド層を除去した後、前記除去した領域下部に、少なくとも前記活性層を貫く深さの高低抗層を形成することを特徴とする半導体レーザ等が得られる。

#### (実施例1)

次に図面を用いて本発明の実施例を詳細に説明する。第1図は本発明の第1の実施例を示すRW型半導体レーザの断面図である。第5図の従来例と異なる点は、リッジ導波路10の外側の溝部31, 32の下の半導体層へ深さ約 $1\mu\text{m}$ のプロトン注入による高低抗

$1 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 、厚さ $1\mu\text{m}$ )を順次積層する。次に通常のフォトリソグラフィの手法により、フォトリジストのマスクパターンを形成後、厚さ約 $2\mu\text{m}$ のAuメッキパターン100を多層膜ウェハ上に形成する。このAuメッキパターン100をマスクとしてp形InGaAsPコンタクト層7、p形InP層6を各々、硫酸と過酸化水素水の混合液、塩酸と水の混合液でエッチングする。これらの混合液は、各々InGaAsPとInPの選択エッチング液である。従って、エッチング部の底面には、第2図(b)に示す様にp形InGaAsPガイド層4が露出する。エッチングの溝部30, 31の幅は $10\mu\text{m}$ 、この溝部30, 31によって挟まれたリッジ導波路10の幅は $5\mu\text{m}$ である。次に、この状態のウェハに、第2図(c)に示す様に溝部30, 31の下部へプロトン打ち込みを行い高低抗層20, 21を形成する。プロトン打ち込みにおける加速電圧は $20\text{kV}$ から $150\text{kV}$ の多重打ち込み、ドーズ量は $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^{-2}$ であり、高低抗層20の厚さは約 $1\mu\text{m}$ となった。次に第2図(d)に示す様にAuメッキパターン100をヨード・ヨーカカリウム液( $\text{KI} + \text{I}_2$ )で除

去し、第2図(e)に示す様に、膜厚約5000ÅのSiO<sub>2</sub>絶縁膜110をスパッタリング蒸着で形成する。この時リッジ導波路10の上部のSiO<sub>2</sub>絶縁膜110は、電流注入用に、約4μmの幅で除去する。最後に、第2図(f)に示す様に、p側金属電極120としてCr/Au膜、n側金属電極130としてAuGeNi膜を形成して素子形成の一連のウェハプロセスを終える。高低抗層20, 21の抵抗率は正確に求められていないが、数kΩ・cm程度と推定された。n形InGaAsPガイド層3、n形InP層2のプロトン注入された領域を高低抗化することができた。共振器長を300μmとして特開して素子特性を評価したところ、発振閾値は25mAから40mAと、高低抗層20, 21を形成しない素子に比べ20mAから30mA程度減少した。発振閾値が低減されたのは、活性層4の高低抗層30, 31で挟まれた発光領域41への電流集中が良好なこと、又発光領域41の外へのキャリアの拡散が小さいことに依るものと考えられる。外部量子効率に関しても特性が向上し、40%から50%の値が得られた。また、第1図の構造からわかる様に、高低抗層20, 21のキャ

本発明は、幾つかの変形、あるいは応用が可能であり、それを以下に示す。第3図は本発明の第2の実施例を示すRW型半導体レーザの断面図である。第1図の構造と異なる点は各層の導電形が反転していることにある。例えば基板201には、n形InP基板ではなくp形InP基板が用いられており、バッファ層202はp形InP層になっている。この様に、導電形を反転させたウェハに対しても、プロトン打ち込みの条件はほぼ同等にしてプロセスを行うことができた。この構造の素子の特徴は、AuGeNiのn側電極130とn形InGaAsPコンタクト層とのオーミック接触が良好であるため、素子の直列抵抗が小さくなることである。第1図の構造では直列抵抗が5Ω程度であったが、第3図の構造では2Ω程度にまで減少した。従って、活性層の発光領域41以外でのジュール発熱が小さくなったため、最大CW動作温度が、第1図の素子の110°Cから120°Cへと向上するなど、発振閾値や微分量子効率の温度依存性が改善された。また、発光領域41までの直列抵抗Rが減少したため、発光領域41以外の

リア濃度が $10^{14} \sim 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 程度以下に小さいことから発光領域41以外の容量が数pF以下と小さい。従って高速応答にすぐれており、発振閾値の2倍にバイアスした時の小振幅変調信号に対する周波数応答特性を評価したところ、応答が-3dBとなる周波数は3GHzから4GHzと良好な値を示した。発振閾値付近にバイアス電流を設定し、30mAのピーク電流のNRZランダム変調パルスを印加し応答特性を評価したところ4Gb/sの高周波域まで良好な応答波形を得ることができた。

以上の様に、第1の実施例の構造のRW型半導体レーザ構造では低閾値、高効率、高速応答などの良好な特性を得ることができた。また、必要な多層膜ウェハは平坦な多層膜を積層する比較的単純な結晶工程で得られること、また、プロトン注入工程は再現性が良好なプロセスであることなどから、素子作製の再現性は良好であり、1枚のウェハから良好な素子が得られる歩留り70~80%と高い値を示した。

(第2の実施例)

寄生的な容量Cとで決まる応答の時定数CRが小さくなり、素子の応答特性が改善された。小信号振幅での応答特性として-3dBとなる周波数は5GHzから6GHz程度にまで向上した。

(第3の実施例)

次に本発明の第3の実施例を第4図(a), (b)の断面図で示す。第1図と異なる点は、第4図(a)のリッジ導波路10の中央部のA-Bの記号で示す部分の断面を表わした第4図(b)に描かれている様に、p形InGaAsPガイド層5の上部に深さ700Å周期2900Åの回折格子150が形成されている点である。この回折格子150が形成されたことで、この素子は所謂分布帰還形半導体レーザとなり、回折格子150の周期2900Åから決定される発振波長の1.550μm付近で単一軸モード動作を示した。発振スペクトルが単一軸モードであること以外は、基本的な特性は、第1図に示す構造とほぼ同等な特性を示した。回折格子150は発振波長321nmのHe-Cdガスレーザを用いて、二光束干渉露光法を用いて形成した。また、この回折格子150上にp形InPクラッド層6およびp形



InGaAsPコンタクト層7を形成する際には、ウェストブルーク(Westbrook)等が1983年発行のエレクトロニクス・レターズ(Electronics Letters)誌第19巻の423頁から424頁で報告している様な、トリメチルインジウム(TMIn)、トリメチルガリウム(TMGa)などの有機化合物を原料とする。MO-CVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)法を用いた。

分布帰還形半導体レーザとしては、第4図では、回折格子150をp形InGaAsPガイド層5とp形InP層6との間に形成したが、これをn形InPバッファ層2とn形InGaAsPガイド層3との間に形成しても良い。また、n形InP基板1に直接、回折格子150を形成し、その上にn形InPバッファ層2を積層せず直接n形InGaAsPガイド層を形成した場合でもほぼ同等な素子特性を得ることができた。また、各層の導電性は、第3図の第2の実施例の場合の様に、反転させても同様な特性を得ることができた。

(発明の効果)

第1, 第2, 第3の実施例で示したように本発明のRW型半導体レーザは、構造が単純であり、作製が

容易で、生産性、歩留りに優れている。また、発光領域41の周辺にプロトン打ち込みによる高低抗層20, 21を形成することから、注入電流、および注入キャリアの横方向への洩れを少なくすることができたため、低閾値化、高効率化をはかることができた。また高速応答特性に関しても、発光領域41の周辺部の容量が小さいことから良好な特性を示した。この構造は分布帰還形などのレーザ構造への応用が容易に行える。以上の様に、高性能が得られ、また作製プロセスが単純であり良好な素子が得られる歩留りも高いことから、従来の半導体レーザに比べ低価格化をはかることが可能となった。

図面の簡単な説明

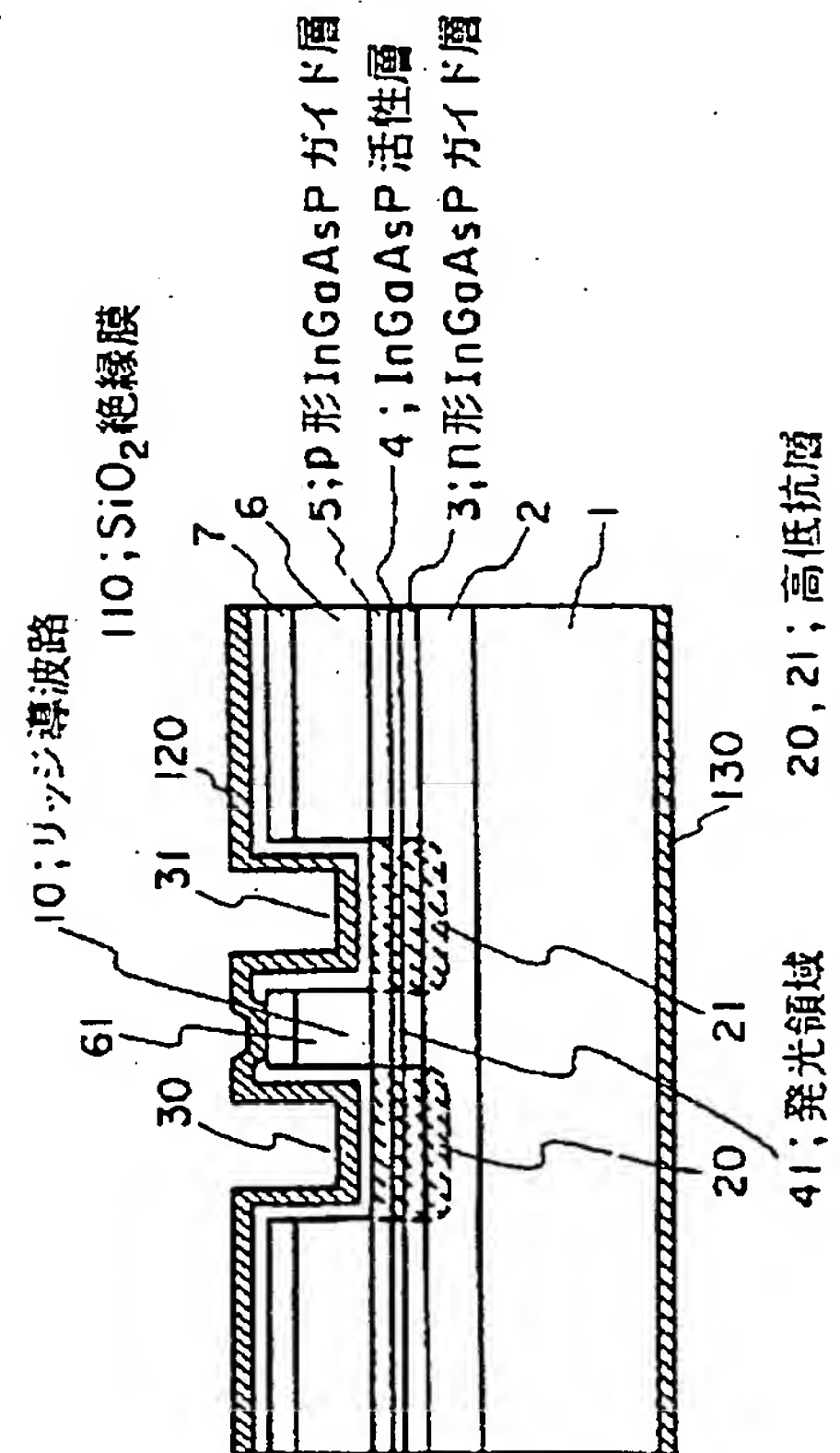
第1図は本発明の第一の実施例を示す断面図、第2図(a)~(f)は第一の実施例を作製する工程を示す図、第3図は本発明の第2の実施例を示す図、第4図(a), (b)は本発明の第三の実施例を示す断面図、第5図は従来例を示す断面図である。図中、1はn形InP基板、2はn形InPバッファ層、3はn形

InGaAsPガイド層、4はInGaAsP活性層、5はp形InGaAsPガイド層、6はp形InPクラッド層、7はp形InGaAsPコンタクト層、20, 21は高低抗層、30, 31は溝部、10はリッジ導波路、41は発光領域、61はリッジ導波路内のp形InPクラッド層、110はSiO<sub>2</sub>絶縁膜、120はp側金属電極、130はn側金属電極、100はAuメッキパターン、201はp形InP基板、202はp形InPバッファ層、206はn形InPクラッド層、207はn形InGaAsPコンタクト層、150は回折格子、を示す。

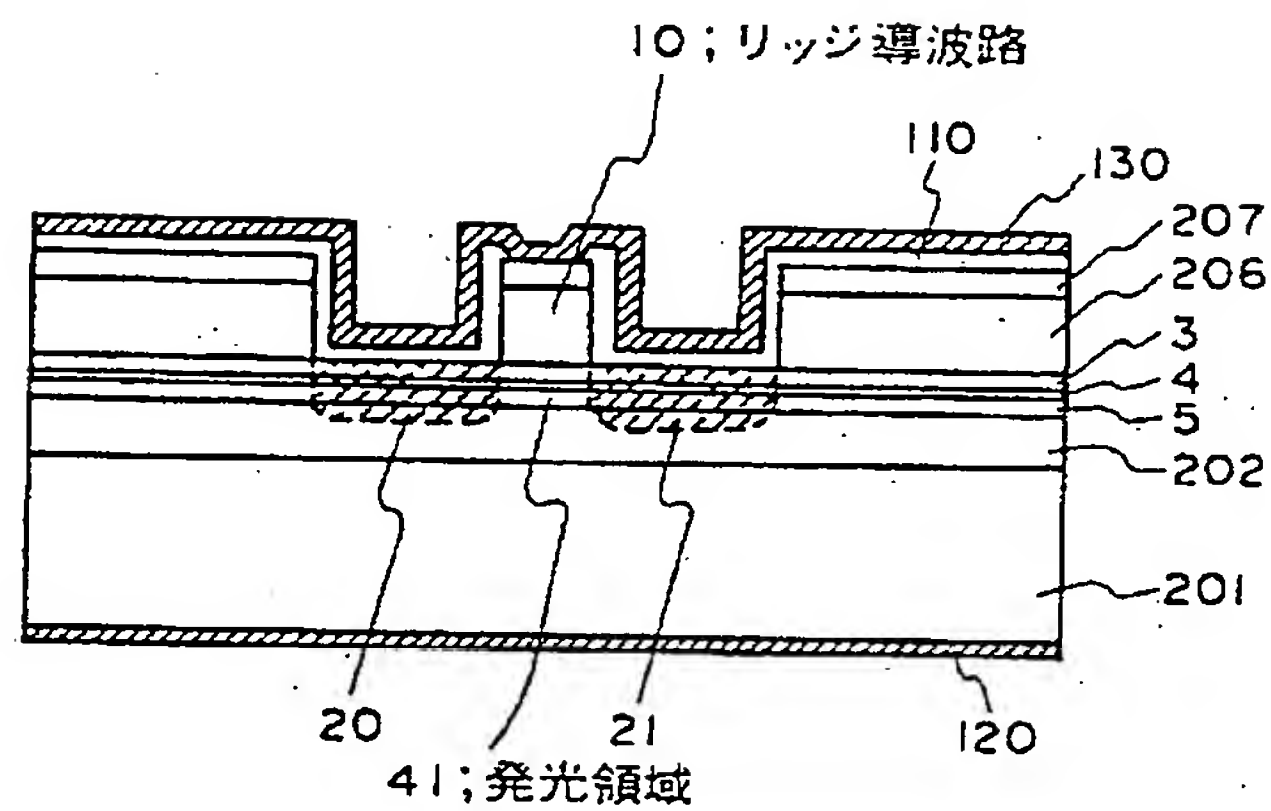
原 内 正 隆



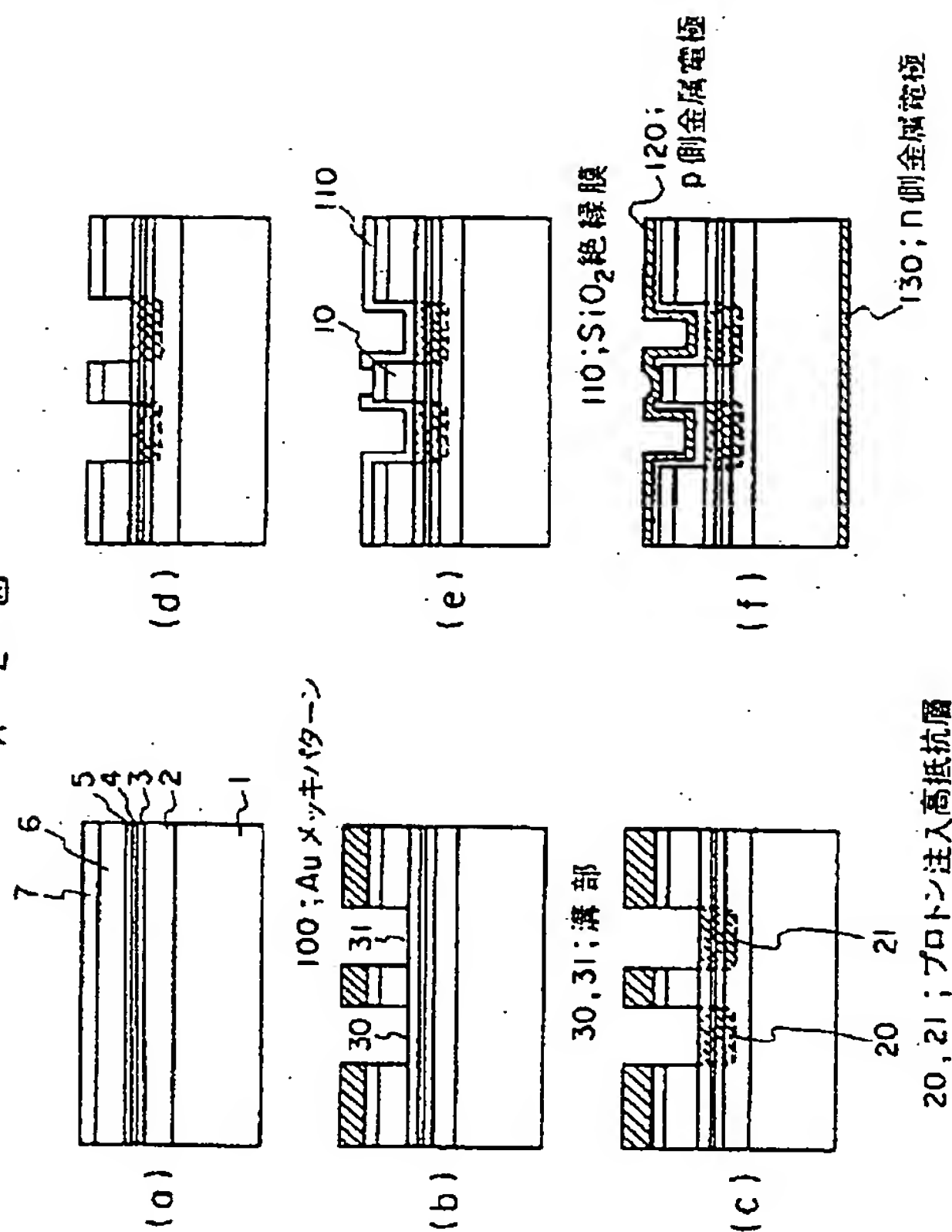
図 1



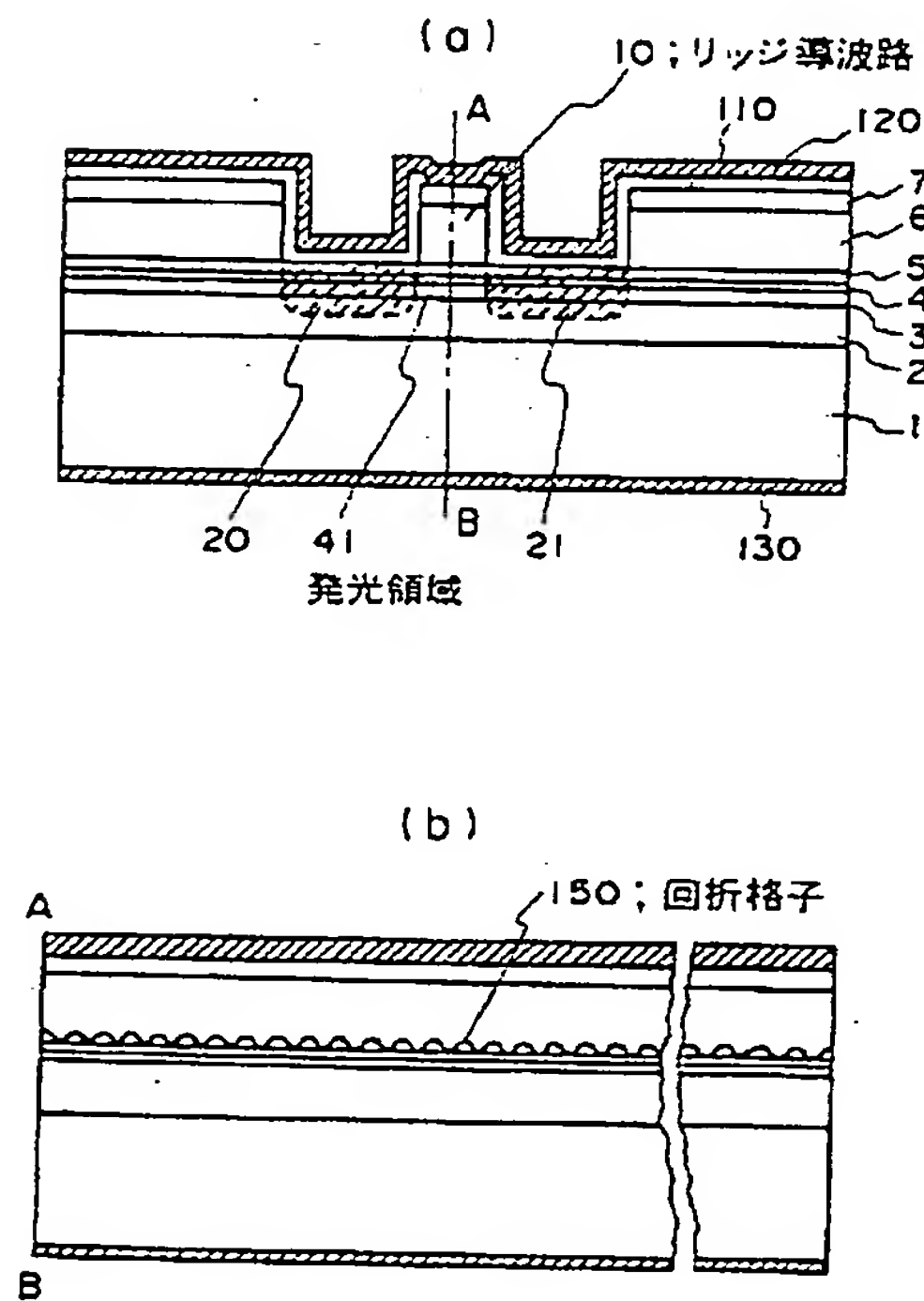
オ 3 図



オ 2 図



オ 4 図



オ 5 図

